

SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

Patent number: JP2001237461 (A)

Publication date: 2001-08-31

Inventor(s): KONNO KUNIAKI; TAMURA HIDEO

Applicant(s): TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Classification:

- **international:** **H01L33/00; H01L33/00;** (IPC1-7): H01L33/00

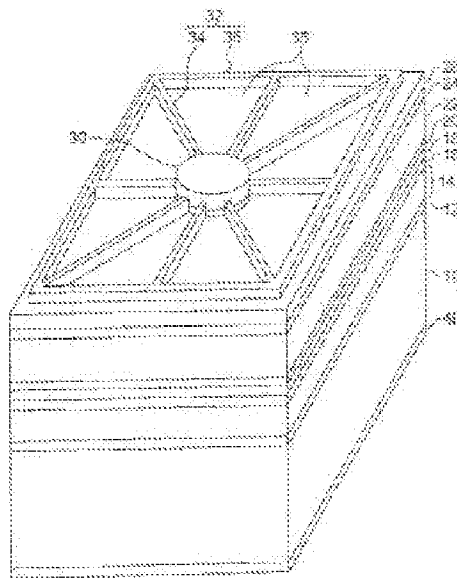
- **european:**

Application number: JP20000044700 20000222

Priority number(s): JP20000044700 20000222

Abstract of JP 2001237461 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light-emitting element with improved uniformity in intensity distribution of a near-field image so as to uniformly inject current to an active layer and to uniformize emission with respect to the active layer. **SOLUTION:** In the semiconductor light-emitting element, where an active layer 18 is formed between a semiconductor substrate 10 and a transparent conductive film 28, a small-gauge wire electrode 32 is formed while it is connected to an electrode pad 30, that is provided on the transparent conductive film 28 and is extended to an area near the end of the transparent conductive film 28. By injecting current into the active layer 18 from the small-gauge wire electrode 32 via the transparent conductive film 28, current can be injected to the active layer 18 uniformly.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-237461
(P2001-237461A)

(43)公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

データベース*(参考)
E 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-44700(P2000-44700)

(22)出願日 平成12年2月22日(2000.2.22)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 紺 野 邦 明

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

(72)発明者 田 村 英 男

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

(74)代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

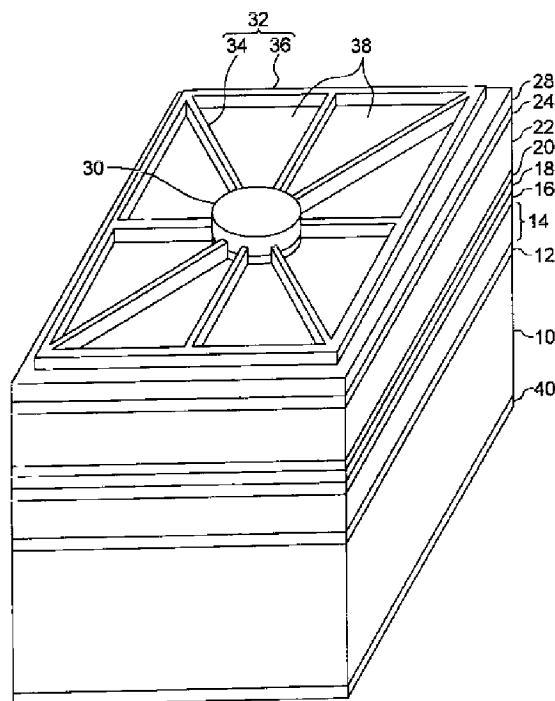
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】 活性層に対して均一に電流が注入されるようにして、活性層からの発光を均一にし、近視野像の強度分布の均一性が向上した半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 半導体基板10と透明導電膜28との間に活性層18が形成された半導体発光素子において、透明導電膜28上に設けられた電極パッド30に接続され、透明導電膜28の端近傍まで延びる細線電極32を形成する。この細線電極32から透明導電膜28を介して活性層18に電流を注入することにより、活性層18に対して均一に電流が注入できるようになる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板と透明導電膜との間に発光層が形成された半導体発光素子であって、

前記透明導電膜上に設けられた電極パッドと、

前記透明導電膜上に設けられ、前記電極パッドに接続されて、前記透明導電膜上の端近傍まで形成されている細線電極と、

を備えることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】前記電極パッドは、前記透明導電膜の中央部分近傍に設けられている、ことを特徴とする請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項3】前記細線電極は、

前記電極パッドから放射状に延びる放射状電極と、

前記透明導電膜の各辺に沿って形成され、前記放射状電極に接続された格子状電極と、

を有することを特徴とする請求項2に記載の半導体発光素子。

【請求項4】前記細線電極は、

前記電極パッドから放射状に延びる放射状電極と、

前記電極パッドと同心円状に形成され、前記放射状電極に接続された同心円周状電極と、

を有することを特徴とする請求項2に記載の半導体発光素子。

【請求項5】前記細線電極の線幅が $25\mu\text{m}$ 以下である、ことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項6】前記電極パッド及び前記細線電極が金属材料から構成される、ことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光素子に関し、特に酸化物透明導電膜を用いた半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】図8及び図9に基づいて、特開平8-83927号に開示されている従来の半導体発光素子を説明する。図8は従来の半導体発光素子の一例である発光ダイオードの断面を示す図であり、図9は従来の発光ダイオードを発光面側から見た平面を示す図である。図8、図9に示されるように半導体基板50上に下部クラッド層52、活性層54、上部クラッド層56、透明導電膜58が順次積層されている。また、透明導電膜58上には電極パッド60が形成されており、半導体基板50の下面には下部電極62が形成されている。ここで、透明導電膜58は透光性の材料から構成され、一般にインジウム・錫・オキシサイド（ITO膜）が使用される。

【0003】このような発光ダイオードにおいては、例えば、正電圧が電極パッド60に印加され、負電圧が下部電極62に印加される。その結果、透明導電膜58等

を通じて活性層54に電流が注入され、活性層54が発光する。その発光は透明導電膜58を透過してこの発光ダイオードの外部へ放出される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、透明導電膜58は使用する材料の関係から例えば金属膜と比べて大きなシート抵抗率を有している。このために、電極パッド60から透明導電膜58を通じて活性層54に電流が注入される際に、活性層54での電流密度の分布に不均一が生じがちであった。即ち、電極パッド60近傍の透明導電膜58から活性層54に注入される電流値よりも、電極パッド60から離れた領域に位置する透明導電膜58から活性層54に注入される電流値は、低い値となる。

【0005】活性層54における電流密度の分布の不均一は活性層54における発光強度の分布の不均一をもたらし。その結果、近視野像の強度分布の不均一が生じていた。特に大電流の注入によって高強度の発光を行う高光束発光ダイオードの場合に、近視野像の強度分布の不均一が著しくなる。さらに、活性層54における発光強度の分布の不均一は、活性層全域において効率的な発光が行われていないことをも意味する。

【0006】本発明は前記課題に鑑みてなされたものであり、活性層に対して均一に電流を注入することによって活性層からの発光を均一にして、近視野像の強度分布の均一性及び活性層全域での発光効率が向上した半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するために、本発明に係る半導体発光素子は、半導体基板と透明導電膜との間に発光層が形成された半導体発光素子であって、前記透明導電膜上に設けられた電極パッドと、前記透明導電膜上に設けられ、前記電極パッドに接続されて、前記透明導電膜上の端近傍まで形成されている細線電極と、を備えることを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】〔第1実施形態〕本発明の第1実施形態は、透明電極上の電極パッドに接続された放射状及び格子状の細線からなる細線電極を配設することにより、活性層への電流注入の均一化を図ったものである。以下、図面を参照して詳細に説明する。

【0009】図1は本発明の第1実施形態に係る半導体発光素子の斜視図である。また、図2は本発明の第1実施形態に係る半導体発光素子の断面を、図3は本発明の第1実施形態に係る半導体発光素子を発光面側から見た平面を示す図である。

【0010】図1、図2、図3に示すように、半導体基板10上に、バッファ層12、反射層14、下部クラッド層16、活性層18、上部クラッド層20、中間半導体層22、オーミックコンタクト層24、電流ブロッ

ク層26、透明導電膜28が順に積層されている。本実施形態においては、活性層18が発光層を構成している。そして、透明導電膜28上に、電極パッド30と、この電極パッド30に接続された細線電極32が形成されている。

【0011】ここで、図3に示すように、細線電極32は放射状電極34及び格子状電極36から構成される。また、細線電極32には放射状電極34及び格子状電極36が存在しない開口部38があって、透明導電膜28が直接露出している。この透明導電膜28が直接露出している部分から外部へ光が放出される。一方、図1及び図2に示すように、半導体基板10の下面には電極40が形成されている。

【0012】電流ブロック層26は、オーミックコンタクト層24上における電極パッド30下側位置に形成されている。この電流ブロック層26は、電極パッド30からの電流を、この電極パッド30外側に逸らす役割を有している。このように電極パッド30外側に電流を逸らすことにより、電極パッド30で外部に放出されずに止められてしまう光が活性層18で生成されるのを、少なくすることができる。

【0013】細線電極32は、電極パッド30の中心から八方に向かう細線からなる放射状電極34と、透明導電膜28の外周近傍に沿った四角形の辺からなる格子状電極36とによって構成される。放射状電極34は電極パッド30に接続され、かつ格子状電極36とはその4つの頂点及び4つの辺の中心において接続している。

【0014】次に、本実施形態における構成材料、膜厚等について詳細に説明する。半導体基板10は厚さ約 $150\mu\text{m}$ の $n\text{-GaAs}$ 基板から構成されており、バッファ層12は膜厚 $0.5\mu\text{m}$ の $n\text{-GaAs}$ から構成されている。そして、反射層14は $n\text{-In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ と $n\text{-GaAs}$ 層を10対交互に積層した多層膜より構成されている。

【0015】下部クラッド層16は膜厚 $0.6\mu\text{m}$ の $n\text{-In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ より構成されており、活性層18は膜厚 $1.0\mu\text{m}$ の $\text{ZnドープIn}_{0.5}(\text{Ga}_{0.7}\text{Al}_{0.3})_{0.5}\text{P}$ より構成されている。上部クラッド層20は膜厚 $1.0\mu\text{m}$ の $p\text{-In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ より構成されており、中間半導体層22は膜厚 $0.1\sim 3.0\mu\text{m}$ の $\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7}\text{As}$ より構成されており、オーミックコンタクト層24は膜厚 $0.01\sim 0.03\mu\text{m}$ の $p\text{-GaAs}$ より構成されている。電流ブロック層26は膜厚 $0.01\sim 0.2\mu\text{m}$ で直径約 $110\mu\text{m}$ の $n\text{-In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ より構成されており、透明導電膜28は膜厚約 $0.24\mu\text{m}$ のインジウム・錫・オキシライドから構成されている。

【0016】電極パッド30及び細線電極32は、膜厚 $0.2\mu\text{m}$ の AuGe に膜厚 $1.2\mu\text{m}$ の Au を積層して、 Au が半導体発光素子の最上面となるようにした AuGe/Au の単一金属と合金の複合膜から構成される。

AuGe/Au の単一金属と合金の複合膜から構成される。 AuGe 膜を形成するのは、 Au の透明導電膜28に対する付着強度よりも、 AuGe の透明導電膜に対する付着強度のほうが強いからであり、 AuGe 膜を介することにより電極パッド30及び細線電極32の付着強度を向上させている。但し、この電極パッド30及び細線電極32は、 AuGe 膜を介さずに直接 Au を透明導電膜28上に形成するようにしてもよい。また、 Au の代わりに Ti を用いるようにしてもよい。

【0017】電極パッド30は直径約 $100\mu\text{m}$ の円形状であり、電流ブロック層26よりわずかに小さくなっている。細線電極32の線幅は $25\mu\text{m}$ 以下とし、好ましくは約 $1\sim 20\mu\text{m}$ の範囲である。線幅をこの範囲としたのは線幅が狭すぎると細線電極32の作成中に異物の影響で断線あるいはシート抵抗の増加を招くおそれがあるからである。一方、線幅が広すぎると発光面において光が取り出される箇所、即ち開口部38の面積が低下し光取り出し効率が低下することになるからである。また、電極40は膜厚 $0.2\mu\text{m}$ の AuGe から構成されている。

【0018】次に、上述した半導体発光素子の製造方法を説明する。半導体基板10上にバッファ層12、反射層14、下部クラッド層16、活性層18、上部クラッド層20、中間半導体層22、オーミックコンタクト層24及び電流ブロック層26をCVD (Chemical Vapor Deposition) 法等により順次成膜する。その後、電流ブロック層26をフォトリソによって円形状にマスクして熱燐酸又は熱硫酸によってエッチングする。このエッチングによって、マスクされていない箇所の電流ブロック層26をオーミックコンタクト層24に至るまで除去する。この結果、電流ブロック層26が円形状に形成される。そして、フォトリソを除去し、水洗後乾燥をする。

【0019】次に、上記工程を経た半導体基板10をDCマグネトロンスパッタ装置内で、アルゴンと酸素の混合ガス雰囲気中で、インジウム・錫・オキシライドをDCマグネトロンスパッタで約 2400オングストローム 形成することにより、透明導電膜28を形成する。DCマグネトロンスパッタの際に、半導体基板10の温度は $150\sim 200^\circ\text{C}$ に保ち、アルゴンと酸素の混合比は圧力比で100対1としてその混合ガスの圧力を約 $1\times 10^{-3}\text{torr}$ とした。

【0020】電極パッド30及び細線電極32の形成は AuGe 及び Au を順に真空蒸着によって積層した後、パターニングすることにより形成する。その後、半導体基板10を約 $150\mu\text{m}$ まで鏡面研磨し、さらに電極40を半導体基板10の下面に真空蒸着法によって成膜する。

【0021】次に、以上の工程を経た半導体基板10をアルゴン等の不活性ガス雰囲気中で約 $350\sim 450^\circ\text{C}$

の温度範囲で熱処理を行う。このようにして形成された半導体発光素子をスクライブ装置にかけてダイヤモンド針によって半導体基板10の下面に格子状の切れ目を加える。更に、ブレイキング装置で半導体基板10のブレイキングを行うことで、各半導体発光素子毎に分離して素子化を行う。

【0022】次に、本実施形態における半導体発光素子の動作について説明する。電極パッド30に正電圧を印加し、電極40に負電圧を印加したとき、電極パッド30から注入された電流は電極パッド30から透明導電膜28内に直接注入される。この他に、透明導電膜28への電流注入は電極パッド30から細線電極32を通る経路からも行われる。このため、電極パッド30のみから電流が注入される場合に比べて透明導電膜28内の電流分布が均一になる。金属からなる細線電極32のシート抵抗率は透明導電膜28のシート抵抗率に比べて低い。このことが、細線電極32の線幅、あるいは面積が比較的小さくても、透明導電膜28内における電流分布の均一性の向上をもたらす要因となる。さらに、格子状電極36を発光面となる透明導電膜28の端近傍に沿って配置したことが、透明導電膜28の外周近傍における電流分布の均一性向上に寄与する。透明導電膜28内での電流分布が均一になると、活性層18全体に均一に電流が注入されるようになる。そして、放射状電極34及び格子状電極36の大きさを活性層18の面積に応じて大きくすることで、活性層18の面積によらず活性層18全域に均一に電流を注入することができるようになる。なお、活性層18からの発光は細線状電極32の開口部38から半導体発光素子の外部へ放射される。

【0023】活性層18全域における電流密度分布が均一化することにより以下の効果が生じる。

【0024】(1) 活性層18全域における発光強度の分布を均一化することができる。その結果、近視野像における光の強度分布が均一化される。近視野像における光の強度分布の均一化が、実験的にも裏付けられることは後述する。このように活性層18における発光強度の分布が均一になることで、活性層18全体で効率よく発光が行われるようになる。

【0025】(2) 半導体発光素子の電流を増大したときでも発光強度の飽和が生じにくくなる。即ち、活性層18における電流密度の分布が不均一であれば、電流密度の大きい箇所において発光強度の飽和が発生してしまうのに対し、活性層18における電流密度の分布が均一であれば、電流密度の大きい箇所が生じないため、発光強度の飽和が発生しにくい。この結果、電流－光出力特性において光出力の飽和点が高電流側に移動することになる。光出力の飽和点が高電流側に移動することが、実験的にも裏付けられることは後述する。

【0026】(3) 細線電極32の存在によって透明導電膜28への電流注入がより広い面積に対して行われる

ようになる。即ち、透明導電膜28の上面においてオーミック接触が行われる面積が実質的に増大する。その結果、半導体発光素子の順方向に電圧を加えた場合の抵抗値が低下する。そして、この半導体発光素子の低抵抗化はVfの値が低下することをも意味する。順方向電圧印加時における抵抗値の低下が、実験的にも裏付けられることは後述する。

【0027】次に、本実施形態に係る半導体発光素子の特性の実験データを従来のものと対比して示す。ここで、比較例としては、本実施形態に係る半導体発光素子に対して、細線電極32が除外された以外は同一の素子構造を有する半導体発光素子を用いる。図4は本実施形態における近視野像の強度分布を比較例と対比したグラフである。図4のグラフの横軸はそれぞれの半導体発光素子上面の中心Oを通り発光面の端A、A'に至る線A-A'に沿った距離を表している。また、図4のグラフの縦軸は近視野像の強度を相対的に表している。図4のグラフにおいて実線と点線はそれぞれ本実施形態と比較例について近視野像の光強度の分布を示す。

【0028】図4のグラフに示されるように、比較例においては発光面の両端A及びA'に向かって徐々に近視野像強度が低下して行くのに対して、本実施形態では発光面の両端A及びA'の近傍に至るまで近視野像強度が一定に保たれている。なお、発光面の中心付近で近視野像強度が実質的にゼロなのは、電極パッド30及び電流ブロック層26の影響である。電極パッド30が光を遮断する金属材料からできているため、電極パッド30からの光放出が制限されている。

【0029】図5は本実施形態と比較例の電流－光出力特性を対比したグラフである。図5のグラフの横軸が順方向注入電流であり、縦軸が光出力を表す。そして、図5のグラフの実線が本実施形態の電流－光出力の特性を示し、点線が比較例の電流－光出力特性を表す。図5に示されるように、本実施形態においては比較例に比べて光出力の飽和が高電流側で生じている。即ち、光出力の飽和点と比較例よりも遙かに高電流側に移動している。この結果、本実施形態においては注入する電流を大きくすることで、比較例より高強度の光出力を得ることができる。

【0030】図6は本実施例と比較例の電流－電圧特性を対比したグラフである。図6のグラフの横軸が順方向電流であり、縦軸が順方向電圧を示す。そして、図6のグラフの実線が本実施形態の電流－電圧特性を示し、点線が比較例の電流－電圧特性を表す。図6に示されるように本実施例と比較例に同一の順方向電流を流したときに、本実施例の方が低電圧となっている。即ち、順方向に電圧を印加した場合に本実施形態では比較例に比して半導体発光素子が低抵抗である。

【0031】以上のように、本実施形態によれば電極パッド30に接続された放射状電極34と放射状電極に接

続された格子状電極 36 からなる細線電極 32 を透明導電膜 28 上に配設することによって、電極パッド 30 から透明導電膜 28 に注入される電流密度の分布を均一化を図ることとした。

【0032】この結果、活性層 18 に注入される電流密度の分布が均一化され、近視野像の強度分布が均一化される。また、発光面積を大きくした場合でも、発光効率が低下することなく発光出力を増大できる。さらに、光出力の飽和点が高電流側へ移動し、従来に比較して高強度の光出力を得ることができる。加えて、細線電極 32 の存在によって電極パッド 30 からの電流注入が実質的に細線電極 32 を含めた広い面積に対して行われるようになり、半導体発光素子の順方向抵抗を低下することができる。更に、半導体発光素子の放熱の効率化、信頼性の向上がもたらされる。

【0033】〔第 2 実施形態〕本発明の第 2 実施形態を示す。本実施形態は第 1 の実施形態の変形例に該当する。図 7 は本発明の第 2 実施形態に係る半導体発光素子を発光面側から見た平面を示す図である。図 7 に示されるように、透明導電膜 28 上に円形状の電極パッド 30 と接続された細線電極 42 が形成されている。細線電極 42 は、電極パッド 30 の中心から八方へ放射状に伸びる細線からなる放射状電極 44 と、電極パッド 30 と中心を同じくする 2 つの同心円をなす細線から構成された同心円周状電極 46 とから、構成されている。放射状電極 44 は電極パッド 30 に接続され、放射状電極 44 は同心円周状電極 46 と接続されている。細線電極 44 には放射状電極 44 及び同心円周状電極 46 が存在しない部分、即ち光を通過させるための開口部 48 が形成されている。本実施形態は第 1 実施形態の格子状電極 36 が同心円周状電極 46 に置き換わった以外には第 1 実施形態と変わるところはない。細線電極 42 は本実施形態における低抵抗電極を構成する。

【0034】本実施形態でも第 1 実施形態と同様に細線電極 42 の存在によって透明導電膜 28 への電流注入が均一化される。その結果、活性層 18 に注入される電流密度の分布が均一化され、これに付随して第 1 の実施形態と同様の効果が生じる。

【0035】即ち、活性層 18 に注入される電流密度の分布が均一化され、近視野像の強度分布が均一化される。また、発光面積を大きくしたときに発光効率が低下することなく発光出力を増大できる。さらに、光出力の飽和点が高電流側へ移動し、従来に比較して高強度の光出力を得ることができる。加えて、半導体発光素子の順方向抵抗を低下することができる。また、半導体発光素子の放熱の効率化、信頼性の向上がもたらされる。

【0036】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく種々に変形可能である。細線電極の形状は第 1 実施形態のような放射状電極と周状電極の組み合わせや第 2 実施形態のような放射状電極と同心円周状電極

の組み合わせに限られるものではない。例えば、放射状電極は 8 方に向かうものでなく、任意の方向例えば 10 方向、16 方向に向かって放射する形状とすることも可能であり、また直線ではなく曲線で構成することもできる。格子状電極、同心円周状電極を例えば長方形等任意の多角形の格子状としたり、あるいは楕円周状等とすることも可能である。また、細線電極において必ずしも細線の幅が均一である必要はなく、細線から構成されなくても良い。要は開口部を有する電極が電極パッド 30 と接続され、透明導電膜に対して均一な電流を注入できるようにしていれば良い。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る半導体発光素子によれば、透明導電膜上に電極パッドを設け、この電極パッドに接続されて、透明導電膜上の端近傍まで伸びる細線電極を形成したので、透明導電膜に注入される電流密度の分布を均一化することができ、発光層に注入される電流密度の分布を均一化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る半導体発光素子を示す斜視図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態に係る半導体発光素子を示す断面図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係る半導体発光素子を示す平面図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態に係る半導体発光素子の近視野像の強度分布を比較例と対比して示すグラフである。

【図 5】本発明の第 1 実施形態に係る半導体発光素子の電流－光強度特性を比較例と対比して示すグラフである。

【図 6】本発明の第 1 実施形態に係る半導体発光素子の電流－電圧特性を比較例と対比して示すグラフである。

【図 7】本発明の第 2 実施形態に係る半導体発光素子を示す平面図である。

【図 8】従来の半導体発光素子を示す断面図である。

【図 9】従来の半導体発光素子を示す平面図である。

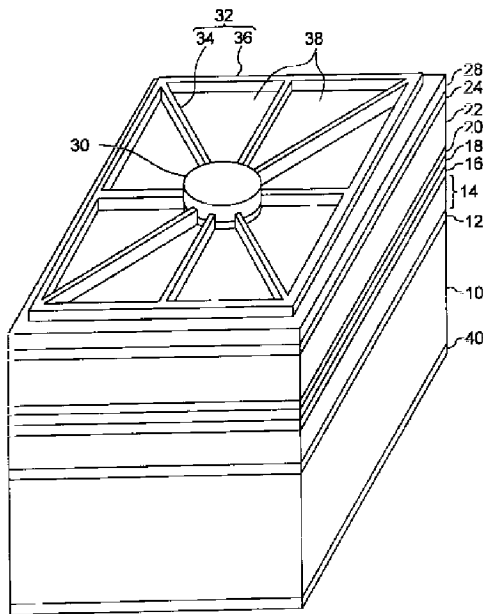
【符号の説明】

- 10 半導体基板
- 12 バッファ層
- 14 反射層
- 16 下部クラッド層
- 18 活性層
- 20 上部クラッド層
- 22 中間半導体層
- 24 オーミックコンタクト層
- 26 電流ブロック層
- 28 透明導電膜
- 30 電極パッド

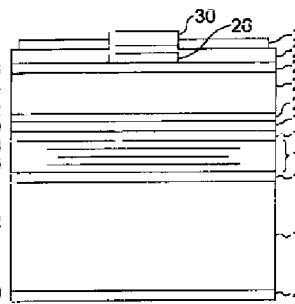
32 細線電極
34 放射狀電極
36 格子狀電極
38 開口部
40 電極

42 細線電極
44 放射狀電極
46 同心圓周狀電極
48 開口部

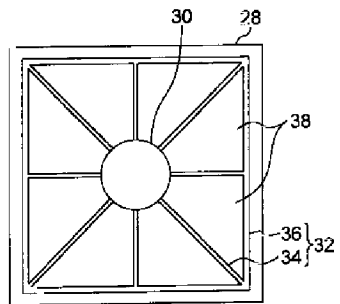
【圖1】



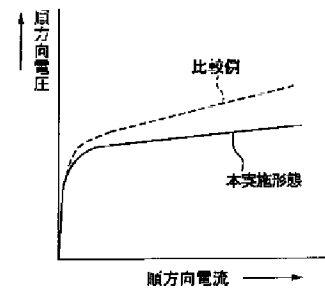
【圖2】



【圖3】

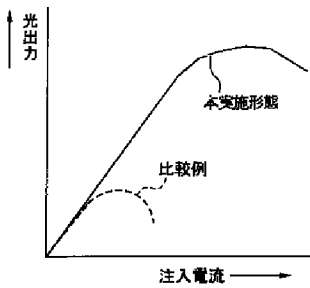
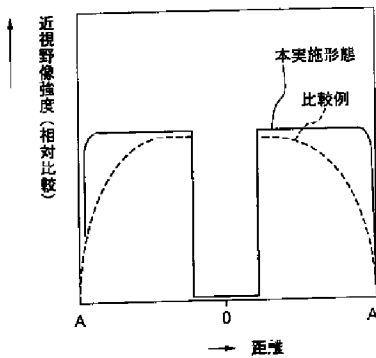


【圖6】

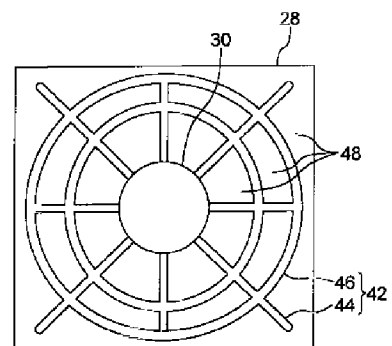


【圖4】

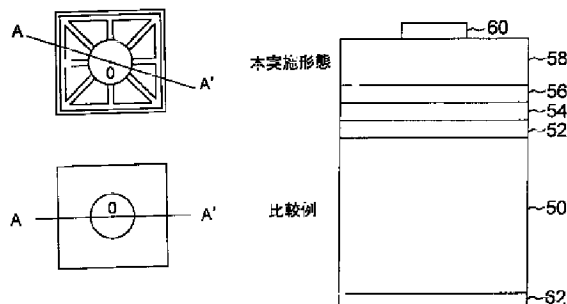
【圖5】



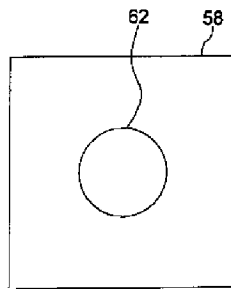
【圖7】



【圖8】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA05 AA21 AA33 CA34 CA35
CA36 CA53 CA64 CA82 CA83
CA88 CA92 CA93 CA94